

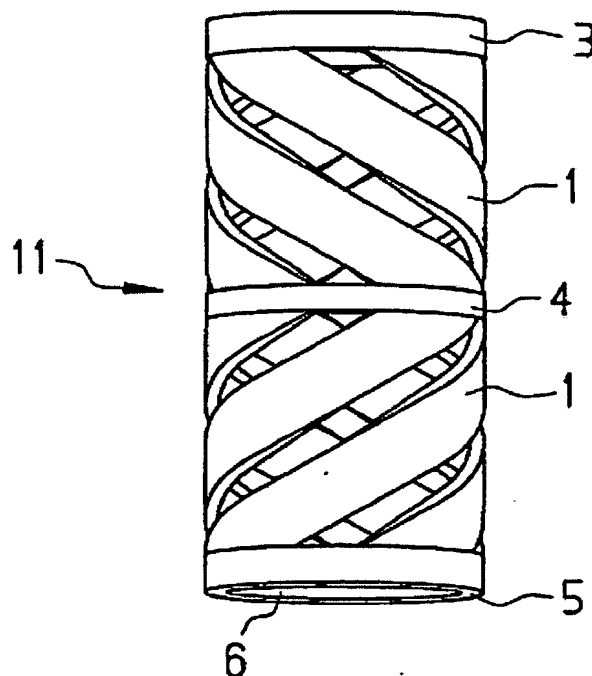
## Cylindrical spring especially as bias or reaction spring for piezoelectric multilayer actuator in diesel common rail injector

**Patent number:** DE19750149  
**Publication date:** 1999-06-02  
**Inventor:** MEIXNER HANS PROF DR (DE); UNGER MARTIN  
DIPL PHYS (DE); GOTTLIEB BERNHARD DR (DE);  
KAPPEL ANDREAS DR (DE); MOCK RANDOLF DR  
(DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F16F1/02; F16F1/02; (IPC1-7): F16F1/06  
- **European:** F16F1/02  
**Application number:** DE19971050149 19971112  
**Priority number(s):** DE19971050149 19971112

Report a data error here

### Abstract of DE19750149

The cylindrical spring has a one-piece hollow cylindrical base body, spring arms (1,2) formed in the walls of the cylinder and divided with at least dual rotation symmetry with respect to the cylinder axis and terminating rings (3,5,31,51) joining the spring arm ends. The spring arms are mirrored at a mirror plane located at the centre of the axial longitudinal extent of the spring body and perpendicular to the cylinder axis, are joined via a centre ring (4,41) in the mirror plane and are joined approximately perpendicularly to the terminating rings and the centre ring.



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 197 50 149 C 2

⑤① Int. Cl. 7:  
F 16 F 1/06

②① Aktenzeichen: 197 50 149.4-12  
②② Anmeldetag: 12. 11. 1997  
④③ Offenlegungstag: 2. 6. 1999  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 2. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

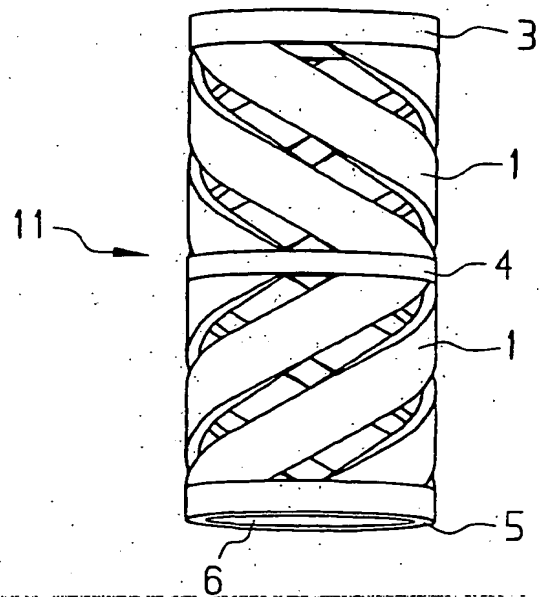
⑦③ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Meixner, Hans, Prof. Dr., 85540 Haar, DE; Unger,  
Martin, Dipl.-Phys., 82110 Germering, DE; Gottlieb,  
Bernhard, Dr., 85764 Oberschleißheim, DE; Kappel,  
Andreas, Dr., 81369 München, DE; Mock, Randolph,  
Dr., 81739 München, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 41 00 842 C1  
DE 40 33 945 A1  
DE-GM 17.83 503

⑤④ Zylinderfeder und deren Verwendung

- ⑤⑦ Zylinderfeder bestehend aus:
- einem hohlzylinderförmigen einstückigen Grundkörper,
  - Federarmen (1, 2), die in der Wand des Hohlzylinders strukturiert und relativ zur Zylinderachse mit mindestens zweizähliger Rotationssymmetrie verteilt sind,
  - Abschlussringen (3, 5, 31, 51), die die Federarme (1, 2) an ihren Enden untereinander verbinden,
  - wobei die Federarme (1, 2) an einer in der Mitte der axialen Längserstreckung des Federkörpers befindlichen und zur Zylinderachse senkrechten Spiegelebene gespiegelt sind, in der Spiegelebene über einen Mittelring (4, 41) miteinander verbunden und mit den Abschlussringen (31, 51) und mit dem Mittelring (41) annähernd senkrecht verbunden sind.



BEST AVAILABLE COPY

DE 197 50 149 C 2

DE 197 50 149 C 2

Die Erfindung betrifft eine hohlzylinderförmige Feder mit Federarmen, die als Zug oder Druckfeder einsetzbar ist.

Federn können allgemein für unterschiedlichste Anwendungsfälle eingesetzt und dementsprechend dimensioniert werden. Für den Fall einer Zugfeder mit einem geringen Hub bei einer relativ großen Zugkraft werden im Stand der Technik bisher Tellerfedern oder Tellerfederstapel verwendet. Die Verwendung dieser Tellerfedern ist mit einem relativ großen Platzbedarf verbunden. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Tellerfedern einem relativ großen Verschleiß unterworfen sind und bedingt durch Reibungskräfte untereinander bzw. zu ihrer Auflage Hystereserscheinungen zeigen.

Federn, insbesondere Spiral- oder Tellerfedern, deren Einsatz mit einem maximalen Bauvolumen verbunden ist und die hysteresefrei arbeiten, sind nicht bekannt, bzw. wären mit einem enormen technischen Aufwand verbunden.

Aus der DE 41 00 842 C1 ist eine zylindrische Schraubenfeder bekannt, die aus einem hohlzylinderförmigen einstückigen Grundkörper hergestellt ist. Weiterhin weisen die beschriebenen Federn Traglelemente an den jeweiligen Enden des Federkörpers auf, sowie ein weiteres Traglelement im mittleren Bereich einer Feder.

In der DE 40 33 945 A1 wird ein Herstellungsverfahren von Federn beschrieben, bei dem eine Feder aus einem Rohr oder einem Stab mit gebohrtem Loch durch Ausschneiden auf beliebige Weise eines Spiralspaltes mit beliebiger Form und Abmessung erzeugt wird. Eine Ausführungsform ist eine an der quer zur axialen Erstreckung gedachten Mittelebene der Feder gespiegelte Form der Federarme.

Eine ebenfalls an der Mittelebene gespiegelte Form einer Zylinderfeder wird in dem deutschen Gebrauchsmuster DE-GM 17 83 501 offenbart.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Feder mit kleinem Bauvolumen zur Verfügung zu stellen, deren Federkennlinie hysteresefrei ist. Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß für die Darstellung einer Feder mit einem begrenztem Bauvolumen und einem minimalen Federweg bei gleichzeitig hoher Federkraft ein strukturierter hohlzylinderförmiger Grundkörper wesentliche Vorteile erbringt. Der Hohlzylinder wird durch stabile Abschlußringe an den Enden abgeschlossen. Darüber hinaus ist in der Mitte der Feder ein mittlerer Ring vorgesehen, der die Federarme untereinander verbindet. Weiterhin sind die Federarme an einer ebenfalls mittig positionierten Spiegelebene gespiegelt dargestellt. Durch diese Konstruktion ist gewährleistet, daß eine Federkraft gleichmäßig auf den Federbereich verteilt wird.

Die besondere Gestaltung der Feder in Form einer Zylinderfeder, die aus einem einstückigen hohlzylinderförmigen Grundkörper herausgearbeitet wird, ist mit dem Vorteil verbunden, daß unter Belastung auftretende Kräfte in der Feder gleichmäßig auf möglichst viel Material verteilt werden. Somit werden lokale Spannungsmaxima, die die maximale Belastbarkeit des Materials örtlich überschreiten könnten, vermieden.

Wird die Kosinusform der Federarme gewählt, so führt die annähernd 90°-Verbindung der Federarme mit den Außenringen und dem Mittelring zu einer senkrechten Kräfteinleitung bzw. Kraftüberleitung in die Ringe. Durch die gespiegelte Darstellung der Federarme an einer mittig liegenden Spiegelebene wird eine eventuell an den Federarmen auftretende Versetzung in Umfangsrichtung symmetrisch zur Spiegelebene auftreten, so daß die in diesem Zusammenhang wirkenden Kräfte nicht zu einer Verdrehung der

beiden Außenringe gegeneinander führt.

Die Existenz des mit den Federarmen verbundenen Mittelringes verhindert eine Torsion der Federarme in sich, so daß in der Mitte der Feder eine radiale Verschiebung der Federarme nicht auftritt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

In folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben:

Fig. 1 zeigt eine Zylinderfeder bestehend aus einem hohlzylinderförmigen Grundkörper mit in dessen Außenkontur herausgearbeiteten schraubenförmigen Federarmen 1,

Fig. 2 zeigt eine geschnittene Darstellung einer Schraubenfeder mit kosinusförmigen Federarmen, bestehend aus einem hohlzylinderförmigen Grundkörper, wobei die kosinusförmigen Federarme 2 in der Wand des Hohlzylinders herausgearbeitet sind.

Die Anforderungen an eine Feder können beispielsweise folgendermaßen definiert sein:

- stark eingeschränktes Bauvolumen mit maximaler Höhe von ca. 30 mm, Wandstärke von ca. 1 bis 3 mm bei einem Innenradius von 11 mm,
- Federkennlinie hysteresefrei,
- bei einem Federweg von 0,3 bis 1,0 mm sollen sich Zugkräfte von 850 bis 1000 N ergeben,
- die Endbereiche der Feder an den Zylinderenden sollen unter Belastung nicht gegeneinander bezüglich der Zylinderachse verdrehbar oder gegenseitig verkippbar sein, sondern unter Last absolut parallel ausgerichtet bleiben,
- Materialspannungen dürfen bei der erforderlichen Auslenkung die materialtypischen Belastungsgrenzen nicht überschreiten,
- die Feder soll bei einer Zugkraft von 1000 N bei zuverlässigen Werkstoffspannungen und möglichst geringem Bauraum eine möglichst geringe Federkonstante aufweisen.

Eine derartige Feder kann für verschiedene Einsatzzwecke verwendet werden. Ein spezieller Einsatzfall ist die Verwendung einer optimal weichen Druck- oder Zugfeder als Vorspannfeder für einen piezoelektrischen Multilayeraktor (PMA) im Diesel-Common Rail (CR)-Injektor.

Die Erzeugung einer Zylinderfeder geschieht durch die Strukturierung der Wand eines Hohlzylinders. Dabei wird gewährleistet, daß eine Zugkraft gleichmäßig auf den gesamten Federbereich verteilt ist. Auf die Federhärte kann durch Materialabtrag aus der Zylinderwand in Form von Bohrungen, Prägungen, Schlitzten usw. gezielt Einfluß genommen werden. Der zulässige Federweg ist durch die maximal zulässigen Werkstoffspannungen in der Zylinderwand begrenzt. Die Darstellung der Federarme 1, 2 geschieht allgemein durch materialabtragende Verfahren, und zwar derart, daß die gewünschten Geometrien der Federarme erzeugt werden. Dabei sind im Querschnitt rechteckige Federarme am einfachsten herzustellen. Prinzipiell können die Querschnitte der Federarme jedoch rechteckig, rund oder elliptisch sein. Die Vermeidung von Kanten oder Kerben führt zu gleichmäßigen Spannungsverteilungen ohne Spannungsmaxima. Der hohlzylinderförmige einstückige Grundkörper der Zylinderfeder wird durch Kreisscheiben bzw. Kreisinge an den Enden abgeschlossen. Im Bereich der Abschlußringe 3, 5, 31, 51 können die Federn gedeckelt sein, so daß beispielsweise ein piezoelektrischer Aktor innerhalb der Feder positioniert ist und mit einer vorbestimmten Vorspannung versehen sein kann, so daß die Feder als Zugfeder dient. In diesem speziellen Fall garantiert die Vorspannkraft dafür,

daß der piezoelektrische Multilayeraktor im Injektionsbetrieb aufgrund schneller Lade- und Entladegvorgänge keinesfalls einer Zugbeanspruchung ausgesetzt ist. Durch die verglichen mit der Federkonstante des PMA (ca. 62 N/ $\mu$ m) geringe Federkonstante der Feder ( $< 3$  N/ $\mu$ m) bleibt der Aktor in seinem Arbeitsverhalten nahezu uneingeschränkt. Es läßt sich zeigen, daß die Anforderungen durch die beschriebene Ausgestaltung der Feder mit der besonderen Geometriegebarung erfüllt werden können. Die Geometrie der Federmodelle wurde insbesondere dahingehend optimiert, die unter Belastung auftretenden Spannungen in der Feder auf möglichst viel Material zu verteilen. Somit ist ausgeschlossen, daß lokale Spannungsmaxima das Federmaterial örtlich über die maximale Belastbarkeit hinaus beanspruchen und dadurch die Feder beschädigen.

Das beschriebene neuartige Federdesign wird in den beiden Fig. 1 und 2 dargestellt. Das in Fig. 1 dargestellte Modell einer Doppelschraubenfeder 11 besteht aus Abschlußringen 3, 5 und einem Mittelring 4, wobei die Federarme 1 schraubenförmig verlaufen und an der mittig positionierten im Bereich des Mittelringes 4 gedachten Spiegelebene gespiegelt sind. Die Winkel, die die Federarme 1 mit den Abschlußringen 3, 5 bzw. mit dem Mittelring 4 bilden, sind annähernd 90°.

Bei diesem in Fig. 1 dargestellten Modell einer Schraubenfeder treten keine Torsionskräfte entlang der Zylinderachse auf, die den unteren und den oberen Abschlußbereich gegenseitig verdrehen oder verkippen könnten. Dies wird dadurch bewirkt, daß die Feder aus zwei Schraubenfedern mit entgegengesetztem Drehsinn zusammengebaut ist, die in der Mitte über einen durchgehenden Mittelring 4 verbunden sind. Um die bei Zugfedern auftretenden Spannungsmaxima an dem Ende eines Schraubenarmes zu reduzieren, ist es erforderlich, die Zugkraft auf mehrere, mindestens auf zwei, Schraubenarme zu verteilen. Durch Variation der Anzahl der Schraubenarme und des Winkels eines Armes bezüglich der Horizontalen läßt sich die Spannung der Feder so verteilen, daß keine lokalen Spannungsmaxima auftreten, sondern eine bestmögliche Materialausnutzung erreicht wird.

Der Deckel 6 an der unteren Endfläche des Zylinderfedergrundkörpers dient beispielsweise dazu, einen piezoelektrischen Aktor aufzunehmen und zu arretieren.

In Fig. 2 ist eine Kosinusfeder 12 dargestellt. Dieses neuartige Federdesign besitzt Federarme in Kosinusform. Die Kosinusform der Federarme bewirkt eine senkrechte Krafteinleitung von den Federarmen in die Endbereiche der Feder. Auf diese Weise werden die typischen Spannungsextrema im Übergang zwischen Federarm 2 und oberem und unterem Endbereich, bzw. den Abschlußringen 31, 51, vermieden. Da die Feder in halber Höhe eine Spiegelebene senkrecht zu ihrer Achse besitzt, treten keine Torsionskräfte entlang der Zylinderachse auf, die Boden und Deckel unter Belastung gegenseitig verdrehen könnten. Auch hier ist es zur gleichmäßigen Lastverteilung auf möglichst viel Material erforderlich, die Zugkraft auf mehrere Federarme, mindestens zwei, zu verteilen, die in der Mitte über einen durchgehenden Mittelring 41 verbunden sind. Die Verteilung der Federarme 2 über den Umfang der Zylinderwand weist mindestens eine zweifache oder eine höherzählige Drehsymmetrie bezüglich der Zylinderachse, entsprechend der Anzahl der Federarme, auf. Aus diesem Grund tritt bei der Belastung der Feder keine Verkipfung der Endflächen auf. Durch Variation der Anzahl der Federarme und der Amplitude der Kosinuskontur läßt sich die Spannung in der Feder so verteilen, daß keine lokalen Spannungsmaxima auftreten und eine bestmögliche Materialausnutzung erreicht wird.

Eine Variante der Feder besteht darin, daß die Kosinusli-

nie der Federarme mehrere Perioden zwischen den Endbereichen der Feder, d. h. vom Kopf bis zum Fuß durchläuft. Weitere Varianten der Feder bestehen in der Ausformung der Federarme in einer beliebigen Kurvenform, die sowohl eine senkrechte Krafteinleitung in die Endbereiche der Feder gewährleistet, als auch eine Spiegelebene senkrecht zur Achse in halber Höhe der Feder aufweist, an der die Federarme 2 gespiegelt sind.

Um eine Kosinusfeder optimal zu gestalten, ist die Relation zwischen den verschiedenen Ringen und den Federarmen derart, daß der Mittelring 41 bei Null Grad der Kosinusfunktion plaziert ist und die Abschlußringe 31, 51 bei  $\pm\pi$  oder einem Vielfachen davon angeordnet sind.

Ein wie in Fig. 1 angedeuteter Deckel 6 kann sowohl einseitig als auch beidseitig die Zylinderfeder abschließen.

Die Verwendung der Feder in Zusammenhang mit einem piezoelektrischen Aktor kann zur Steuerung von Einspritzventilen herangezogen werden. Dabei wird ein Arbeitshub durch den piezoelektrischen Aktor bewirkt, der die bereits unter Vorspannung stehende Feder noch weiter auseinanderzieht, wobei danach durch die gesamte Zugkraft der Feder diese wieder in den vorgespannten Ausgangszustand zurückgebracht wird.

Wird eine langgestreckte Feder durch entsprechende Anwendungen erforderlich, so lassen sich mehrere der beschriebenen Zylinderfedern hintereinander schalten. Wichtig ist dabei die jeweils symmetrische Ausgestaltung einer Federeinheit.

#### Patentansprüche

1. Zylinderfeder bestehend aus:
  - einem hohlzylinderförmigen einstückigen Grundkörper,
  - Federarmen (1, 2), die in der Wand des Hohlzylinders strukturiert und relativ zur Zylinderachse mit mindestens zweizähliger Rotationssymmetrie verteilt sind,
  - Abschlußringen (3, 5, 31, 51), die die Federarme (1, 2) an ihren Enden untereinander verbinden,
  - wobei die Federarme (1, 2) an einer in der Mitte der axialen Längserstreckung des Federkörpers befindlichen und zur Zylinderachse senkrechten Spiegelebene gespiegelt sind, in der Spiegelebene über einen Mittelring (4, 41) miteinander verbunden und mit den Abschlußringen (31, 51) und mit dem Mittelring (41) annähernd senkrecht verbunden sind.
2. Zylinderfeder nach Anspruch 1, worin die Federarme (1, 2) kosinusförmig ausgebildet sind.
3. Zylinderfeder nach Anspruch 1, worin die Federarme (1, 2) kosinusquadratformig ausgebildet sind.
4. Zylinderfeder nach einem der Ansprüche 2 oder 3, worin die Federarme (2) zwischen den Abschlußringen (31, 51) mehrere Perioden aufweisen.
5. Zylinderfeder nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Querschnitt der Federarme (1, 2) kreisförmig, rechteckig oder elliptisch ist.
6. Zylinderfeder nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Feder im Bereich der Abschlußringe (3, 5, 31, 51) durch Deckel zumindest teilweise verschlossen ist.
7. Zylinderfeder nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Feder bei einem Federweg von 0,3 bis 1,0 mm Zugkräfte von 850 bis 1000 N aufbringt.
8. Verwendung mehrerer Zylinderfedern entsprechend einem der vorhergehenden Ansprüche zur Darstellung

eines Federsystemes, bestehend aus einer Serienschaltung von Federn.

9. Verwendung mehrerer Zylinderfedern nach Anspruch 8, worin unterschiedliche Federn unterschiedlich ausgebildete Federarme (1, 2) aufweisen.

10. Verwendung einer Zylinderfeder nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder mehrerer Zylinderfedern nach einem der Ansprüche 8 oder 9 zum Einbau mit mindestens einem piezoelektrischen Aktor.

11. Verwendung nach Anspruch 10, worin piezoelektrische Aktoren in hohlzylinderförmigen Federn eingebaut und im Verbund vorgespannt sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

BEST AVAILABLE COPY

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

FIG 1

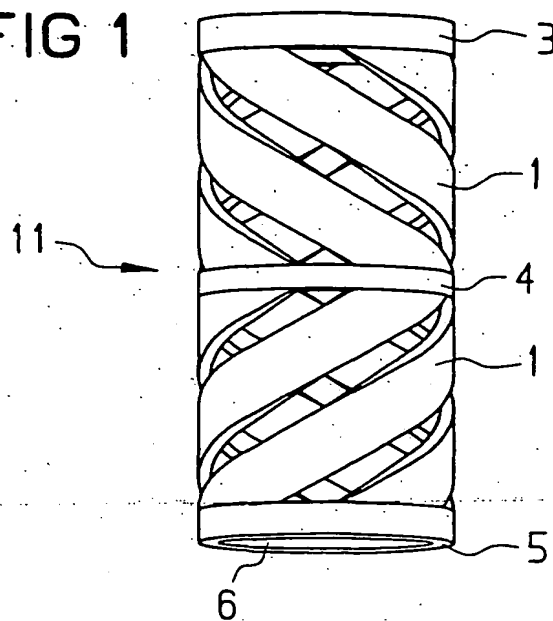
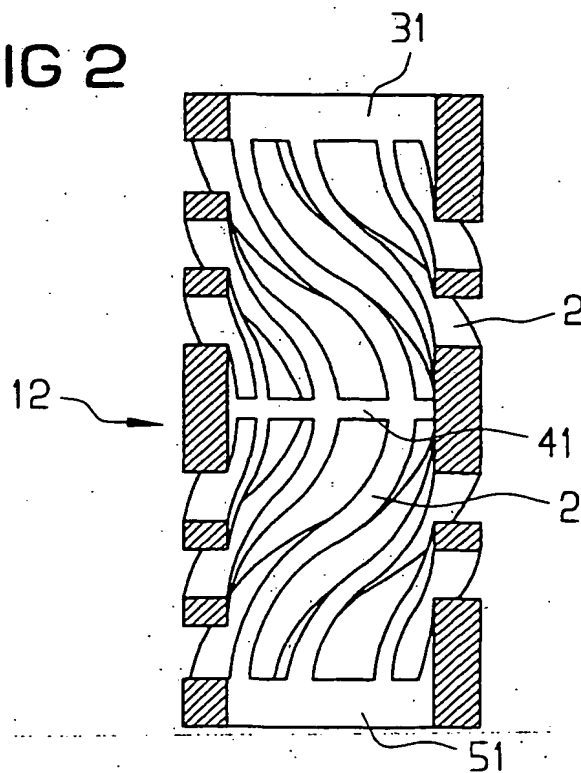


FIG 2



BEST AVAILABLE COPY